УДК 69.72.01

Научная статья

https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-2-62-71

Керамический кирпич повышенной морозостойкости из глинистого сырья Кущевского месторождения как строительный материал в динамике архитектурного формообразования

А.А. Наумов ✉, **М.Е. Дымченко**

Донской государственный технический университет, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

✉alexej_naumov@list.ru

Аннотация

Введение. Ставший сегодня широко распространенным архитектурно-строительный дискурс говорит о том, что в условиях развития информационного сетевого типа взаимодействия участников социально-культурного обмена архитектура все же получит свое достойное место как важнейший компонент жизненной среды сообщества.

Несмотря на бурное и успешное развитие прикладных областей архитектуроведения, связанных с динамикой массового строительства (или строительства единичных зданий и сооружений, но изначально направленных на удовлетворение именно массовых потребностей общества, его стереотипизированных представлений о том, каким должен быть облик современного урбанистического мегацентра жизни) и изменением строительных технологий, проектных и инженерных методов, форм и производственных ресурсов, отсутствует четкое понимание того, что представляет собой архитектура в ряду не только научных достижений, но и технико-технологического и материального прогресса цивилизации.

Проблематизацией актуализированной динамики архитектурно-строительной отрасли (индустрии) становится повышение долговечности стеновых строительных материалов, в большей степени — керамического кирпича.

В данной научной статье представлен способ повышения морозостойкости керамического кирпича из глинистого сырья Кущевского месторождения посредством введения в глиномассу структурирующей добавки, обеспечивающей получение требуемых параметров поровой структуры материала.

Материалы и методы. Основой данной научной работы являются результаты исследований по влиянию предлагаемой добавки на морозостойкость керамического черепка, изготовленного из Кущевского глинистого сырья способом пластического формования. Показаны результаты химического анализа глинистого сырья Кущевского месторождения и модифицирующей добавки. В качестве добавки используется отход (кальцийсодержащий сопутствующий продукт), который образуется при выпуске фосфатных минеральных удобрений и имеет вид сферических гранул диаметром 30–100 мкм.

На ртутном порозиметре исследована пористая характеристика керамического черепка, кроме определения физико-механических характеристик обожженных образцов, модифицированных минеральной добавкой. При помощи установки, выполненной на основе кварцевого дилатометра и морозильной камеры, осуществляли дилатометрические измерения при замораживании водонасыщенных образцов до –20 °C.

Результаты исследования. Проведенные опыты показали повышение морозостойкости керамического черепка пластического формования глинистой породы Кущевского месторождения при включении карбонатсодержащей минеральной добавки за счет формирования оптимального пористого строения. Многочисленные последовательные периоды замораживания и оттаивания зафиксировали, что модифицированные образцы показывают хорошее сопротивление возникающим в черепке растягивающим напряжениям. Использование данного способа — введения в глиномассу предлагаемой добавки — на кирпичных заводах гарантированно обеспечит производство строительных керамических изделий с повышенной морозостойкостью.

Обсуждение и заключения. В заключении приводится таблица результатов климатических годовых показателей Российской Федерации, подтверждающая необходимость соответствия строительных материалов повышенным эксплуатационным характеристикам. Использование данного способа на производственных линиях по изготовлению керамического кирпича будет содействовать производству изделий повышенной морозостойкости.

Ключевые слова: строительные материалы, архитектуроведение, строительство, глинистое сырье, карбонатсодержащая минеральная добавка, пластическое формование, морозостойкость керамического кирпича, эстетика архитектуры.

Благодарности: Авторы выражают благодарность заведующему кафедрой «Строительные материалы» В.Д. Котляру, доктору технических наук, профессору, члену Академии технической эстетики и дизайна, чей творческий эмпирический метод, критическая оценка представленных материалов и рекомендации по их рационализации вдохновили на повышение качества данной статьи.

Для цитирования: Наумов А.А., Дымченко М.Е. Керамический кирпич повышенной морозостойкости из глинистого сырья Кущевского месторождения как строительный материал в динамике архитектурного формообразования. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2023;2(2):62–71. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-2-62-71

Original article

Ceramic Bricks of Increased Frost Resistance of Kushchevsky Deposit Clay Raw Material as the Building Material within Architectural Shaping Dynamics

Aleksey A Naumov ✉, **Marina E Dymchenko**

Don State Technical University, 1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, Russian Federation

✉alexej_naumov@list.ru

Abstract

Introduction. The architectural and construction discourse, which has become widespread today, states that even though there develops the informational networking type of interaction among the participants of the socio-cultural exchange, the architecture will still get its rightful place because it is the most important component of the living environment of a community.

Despite the rapid and successful development of applied areas of the Architectural Science caused by the dynamics of mass construction (or construction of single buildings and structures, but those, which are originally clearly meant to meet the mass requirements of the society, its stereotyped ideas about the look of a modern urban metropolis) and changes in construction technologies, design and engineering methods, forms and production resources, there is no clear understanding of what does the architecture implicate, not merely in the frame of scientific achievements, but also in the frame of the technical, technological and material progress of civilization.

The problem set by the latest dynamics in the architectural and construction field (industry) is increasing the durability of wall building materials, mainly the ceramic bricks. The method of increasing the frost resistance of ceramic bricks made of Kushchevsky deposit clay raw material by adding a structuring additive into the clay mass, which ensures the required properties of the material's pore structure, is presented in this scientific article.

Materials and Methods. The present scientific work builds up on the results of the research on the effect of the proposed additive on the frost resistance of a ceramic crock made of Kushchevsky clay raw material by plastic molding. The results of the chemical analyses of the clay raw material of Kushchevsky deposit and the modifying additive are shown. As an additive there is used the waste (a calcium-bearing by-product) which is released during manufacture of the phosphate mineral fertilisers and has the form of spherical granules of 30–100 microns in diameter.

In addition to determining the physical and mechanical characteristics of the burnt samples modified with a mineral additive, the porous characteristics of a ceramic crock were studied using the mercury porosimeter. With the help of the device, which is made on the basis of a quartz dilatometer and a freezer, the dilatometric measurements were carried out by freezing the water-saturated samples at the temperature of up to –20°C.

Results. The carried-out experiments showed the increase in the frost resistance of the plastic-molded ceramic crock made of the clay rock of the Kushchevsky deposit when adding the carbonate-bearing mineral additive due to formation of the optimal porous structure. During numerous successive periods of freezing and thawing there was recorded good resistance of the modified samples to tensile stresses arising in the crock. The implementation of this method (of adding the proposed additive into the clay mass) in the brick factories is guaranteed to provide the manufacture of the ceramic building products with increased frost resistance.

Discussion and Conclusions. Deformation curves of pores calibrating graduation in samples with and without a mineral additive are presented, along with the study results of the samples' deformation during freezing.

In conclusion, a matrix with the results of the climatic annual parameters of the Russian Federation is presented, confirming the need for the building materials to comply with the improved performance characteristics. The implementation of this method in ceramic brick manufacturing lines will foster the production of products with increased frost resistance.

Keywords: building materials, Architectural Science, construction, clay raw material, carbonate-bearing mineral additive, plastic molding, ceramic brick frost resistance, aesthetics of architecture.

Acknowledgements*:* The authors express their gratitude to V.D. Kotlyar, the head of the “Building Materials” Department, D. Sc. (Engineering), professor, member of the Academy of Technical Aesthetics and Design, whose creative empirical method and critical evaluation of the presented materials and suggestion on their rationalisation have encouraged the authors to improve the quality of this article.

For citation. Naumov AA, Dymchenko ME. Ceramic Bricks of Increased Frost Resistance of Kushchevsky Deposit Clay Raw Material as the Building Material within Architectural Shaping Dynamics. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2023;2(2):62–71. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-2-62-71

Введение. Как и до начала нашей эры, во времена Витрувия — архитектора и автора триады «Прочность. Польза. Красота», — так и позже, во времена зарождения христианства, любое сооружение архитектора было не только ответом на некий культовый или политический запрос общества, но и выражением субъективного переживания мироздания в целом. Так и сегодня меняющаяся «каменная» среда обитания человека находится в прямой зависимости от господствующего в массовом сознании чувства и смысла современности.

Но сегодня современное здание зачастую принимается большей частью общества в том случае, когда в нем меньше архитектурной эстетики. По мнению массового потребителя, архитектура прежде всего должна отвечать потребностям в комфорте, защищённости и ликвидности. Основание прогрессивной динамики архитектурного формообразования в таком контексте чаще всего связывается с развитием инновационных технологий строительства, энергосберегающих технологий и использованием новейших, усовершенствованных строительных материалов [1–3].

Исторические артефакты свидетельствуют, что зодчие Шумерской цивилизации, Вавилона, Древнего Египта, Древней Индии и т. д. возводили стены зданий из керамических кирпичей. Уже с тех времен строители подметили архитектурную выразительность, эстетичность, простоту и скорость производства данного строительного материала из абсолютно доступного глинистого сырья с использованием различных добавок (соломы, тростника и т.п.). Керамические стеновые материалы и сегодня применяются для строительства стен зданий различного назначения.

Решение задач, связанных с морозостойкостью керамических изделий — гарантия долговечности керамических материалов, сохранения механической прочности при сжатии, изгибе и других физико-механических характеристик конструкций. Применение при строительстве гражданских зданий и сооружений материалов с улучшенными характеристиками по морозостойкости дает возможность гарантировать длительный срок службы конструкций из них с минимальными капиталовложениями.

Морозостойкость зависит от пористой структуры материала — это всем известно. Пористая структура керамических изделий, как установлено [4, 5], во многом обусловливается вещественным, гранулометрическим составом и другими природными свойствами глинистого сырья, равно как и технологией изготовления, способами обработки на определенном наборе глиноперерабатывающего оборудования, способом прессования и режимами обжига изделий.

На данный момент изученные методы повышения морозостойкости содержат определенные недостатки, в связи с чем не всегда содействуют увеличению морозостойкости черепка. Увеличение показателя морозостойкости кирпича возможно посредством технической модернизации производства, ротацией не отвечающего современным требованиям или монтажом дополнительного оборудования, совершенствования качества подготовки и гомогенности сырья, повышающих параметры сушки и обжига. Это предполагает значительные материальные и финансовые затраты, что не всегда является достаточно обоснованным или допустимым при ограниченных денежных средствах. Вследствие незначительности распространения высококачественного глинистого сырья, переход на него аналогично повышает капиталовложения на транспортирование и производство. Не всегда повышается морозостойкость изделий и при включении в глинистый материал топливосодержащих добавок. Данное действие приводит к выработке строительного материала со сформировавшимися ахроматическими прогалинами — изъянами кирпича, а значит нарушает стандартные требования на лицевой кирпич. Обжиг при увеличении термопоказателей не всегда продуктивен, не во всех случаях это приводит к повышению качества керамики.

Целью настоящего исследования является повышение морозостойкости керамических изделий путем введения структурирующих добавок, позволяющих изменять пористую структуру обожженного черепка.

Материалы и методы. Как известно, морозостойкие керамические изделия характеризуются пористой структурой, содержащей достаточное количество резервных пор, недоступных для воды при обычных условиях увлажнения материала [4]. Такие поры играют роль резервуаров для вывода излишней влаги при ее перемещении при замораживании изделий. Это позволяет снизить внутренние напряжения в материале и сохранить целостность керамического черепка при попеременном замораживании и оттаивании.

Более разумным методом повышения морозостойкости керамического кирпича представляется введение в глиномассу различных структурирующих добавок, гарантирующих достижение требуемых параметров поровой структуры материала.

Проведены исследования модифицирующей добавки — кальцийсодержащих вторичных продуктов (отходов), выделяемых при выпуске фосфатных минеральных удобрений. Это материал белого цвета в виде зерен с преимущественным размером 30–100 мкм. В таблице 1 представлен химический состав отходов.

Таблица 1

Химический состав компонентов

Наименование материала	SiO_2 своб.	Химический состав, %										
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3 общ.	CaO	MgO	SO_3 общ.	TiO_2	K_2O	Na_2O	P_2O_5	п.п.п.*
Глинистое сырье	27,12	58,03	12,61	4,59	8,07	2,72	0,11	0,63	2,46	1,25	—	9,79
Отходы	—	0,68	1,04	0,44	45,97	2,13	4,00	0,13	0,01	0,03	0,99	44,08

*п.п.п — потери при прокаливании.

Результаты исследования по действию предлагаемого модификатора на морозостойкость керамического черепка, изготовленного из Кущевского глинистого сырья способом пластического формования, представлены в настоящей статье. Глинистое сырье представляется весьма характерным для Юга России при изготовлении кирпича. По показателю пластичности данное сырье принадлежит к группе умеренно пластичного глинистого сырья и является высокочувствительным к сушке (по методу А.Ф. Чижского). На основе анализа химического состава, представленного в таблице 1, его допустимо причислить:

– к кислоглинистому сырью, высоконаполненому красящими оксидами;

– к неспекающемуся, т.к. водопоглощение черепка выше 5 %;

– к легкоплавкому, с превалированием монтмориллонит-гидрослюдистого типа частиц глинистой породы.

Результаты исследования. Апробируемые обожженные образцы из Кущевской чистой глинистой массы, изготовленные методом пластического формования, оказались неморозостойкими. В качестве корректирующей добавки, из-за высокой чувствительности к сушке данного глинистого сырья, в шихту дополнительно вводили кварцевый песок Самарского месторождения.

Введение отходов в количестве 5 % от массы сырья дало возможность кардинально повысить показатель морозостойкости (таблица 2). Указанная дозировка минеральной добавки была установлена прежде проведенными исследованиями [6] и делает возможным достижение высоких значений прочности и морозостойкости.

Таблица 2

Референции обожженных образцов по физико-механическим показателям

Состав материала, %	Температура обжига, °C	Средняя плотность, кг/м^3	Прочность, МПа		% водопоглощения	циклы морозостойкости
			при сжатии	при изгибе		
Глинистая порода — 84 Песок кварцевый — 16 Шифр масс — КЩ	1000	1860	25,2	9,4	13,5	9
Глинистая порода — 85 Песок кварцевый — 15 Отходы — 5 % (сверх 100 % Шифр масс — КЩ-5	1000	1810	29,6	11,2	13,2	84

С помощью ртутного порозиметра были диагностированы размещения пор по габаритам для образцов КЩ и КЩ-5, обожженных при температуре 1000 °С.

По полученным интегральным деформационным линиям фиксации градирования калибровки пор (рис. 1) показатель исследуемого образца с рекомендованной добавкой (кривая линия 2) фиксируется выше кривой линии 1 в области крупнопористого зонирования, квалифицируемой без добавки.

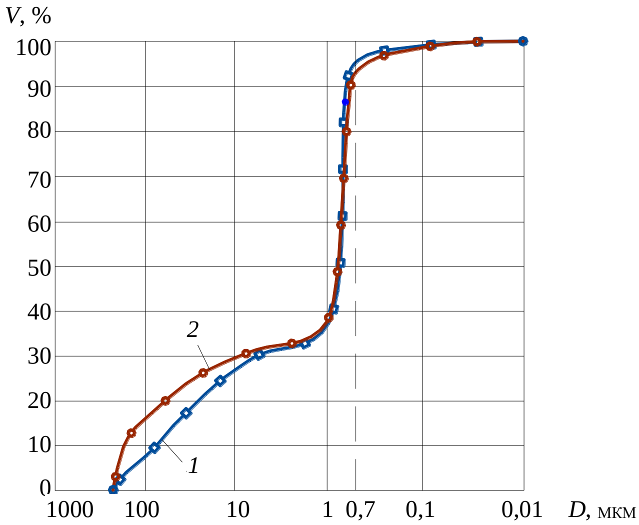


Рис. 1. Интегральная деформационная линия фиксации градирования калибровки пор образцов пластического формования КЩ (кривая 1) и КЩ-5 (кривая 2)

Для декомпенсирования (восполнения) увеличения объема замерзающей воды в опасных порах калибровка резервных пор должна быть обеспеченной в нужной мере.

Структурную характеристику определяли по формуле при условии гипотетического допуска расположения нижней границы резервных пор в области 100 мкм и около 0,7 мкм — для опасных пор:

$$C = \frac{V_p}{V_{оп}} \cdot 100, \%, \tag{1}$$

где C — структурная характеристика материала; $V_р$ и $V_{оп}$ — объем пор резервных и объем пор опасных соответственно.

Наряду с этим, полнотелый кирпич считается морозостойким при $C > 9$ %, а пустотелый — при $C > 6$ %.

Определенная по формуле (1) для образцов без добавки (шифр КЩ) структурная характеристика будет следующей:

$$C = \frac{7}{89} \cdot 100\% = 7{,}9\%.$$

Для обожженных образцов КЩ-5 она будет равна:

$$C = \frac{16}{78} \cdot 100\% = 20{,}5\%.$$

Следовательно, введение минеральной добавки дает возможность повысить значение структурной характеристики керамического черепка, что обусловливает и гарантирует повышенную морозостойкость модифицированных образцов.

Исследования по определению различных видов пористости керамического черепка показали, что добавка существенно не оказала воздействие на величину открытой и закрытой пористости. У обожженных керамических образцов (температура обжига 1000 °С) при использовании отходов количество резервной пористости, конкретизированной диспонированием объемов открытой и капиллярной пористости, повысилось почти вдвое (таблица 3).

Таблица 3

Референции обожженных образцов по величине различных видов пористости

Состав масс, %	Показатель пористости, %				
	Общая	Открытая	Капиллярная	Резервная	Закрытая
Глинистая порода — 84 Песок кварцевый — 16	30,9	29,6	25,9	3,7	1,3
Глинистая порода — 85 Песок кварцевый — 15 Отходы — 5 % (сверх 100 %)	31,4	30,0	23,6	6,4	1,4

При выполнении исследований выявлено, что введение предлагаемых отходов в состав шихты индуцирует генерацию рациональной поровой структуры керамического черепка и, соответственно, повышает морозостойкость.

С целью подробного и основательного анализа воздействия на морозостойкость образцов модифицирующей части проведены дилатометрические эксперименты в низком температурном пределе — это апробация процесса деградаций линейных параметров при низкотемпературной консервации и разморозке.

Дилатометрическим диагностикам предшествовала выборка частей размером 50×5×5 мм из экспериментального материала методом выпиливания. Перед экспериментом проводили водонасыщение образцов объемным способом в течение 2 суток. Водонасыщенные образцы подвергали замораживанию и оттаиванию. От температуры 20 °C приступали к охлаждению образцов и снижали температуру до –20 °C. Для обеспечения достоверности результатов опыты проводили на нескольких образцах. В ходе исследования регистрировались данные индикатора линейных перемещений и температура.

На рис. 2 приведена графическая визуализация изменения линейных размеров обожженных образцов, предварительно насыщенных водой, при замораживании. Испытанные образцы изготовлены из глинистого сырья как с добавлением песка, так и с введением предлагаемого модификатора, и обожжены при температуре 1000 °C. Само испытание — замораживание с последующим оттаиванием закрепленных в установке образцов проводили подряд 3 раза (цикла). Между циклами замораживания и оттаивания испытуемые образцы сутки держали в воде комнатной температуры.

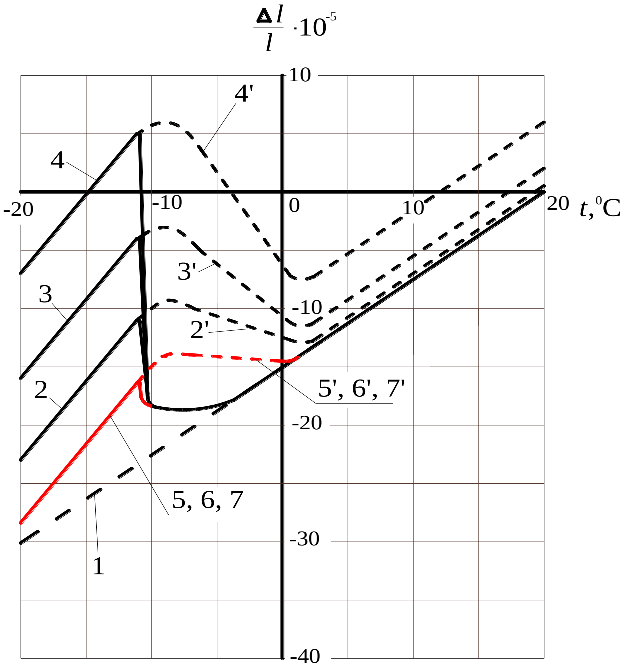


Рис. 2. Изменения линейных параметров образцов
1 — сухие образцы КЩ; 2, 3, 4 — водонасыщенные образцы КЩ при низкотемпературной консервации (при 1-м, 2-м и 3-м цикле); 2’, 3’, 4’— то же при разморозке; 5, 6, 7 — водонасыщенные образцы КЩ-5 при низкотемпературной консервации (при 1-м, 2-м и 3-м цикле); 5’, 6’, 7’ — то же при разморозке

Воспроизведение линии кривой 1 (рис. 2) показывает изменения в размерах сухих образцов КЩ. Иная параметральная концентрация регистрируется у водонасыщенных образцов. Изначально также наблюдалось их сокращение в размерах (кривая 2). В первый период образования льда (при температуре –3…–4 °С) при его расширении в испытуемых образцах формировались напряжения растяжения, тормозящие уменьшение длины образцов. При дальнейшем охлаждении процесс сокращения размеров образцов замедлялся. При температурах –10…–12 °С наблюдалось резкое увеличение размеров образцов, что можно определить как дилатометрический эффект (εt) [7]. После замерзания значительной части воды, находящейся в порах материала, при последующем охлаждении испытуемый материал вновь начинал сокращаться в размерах. Это обусловлено значительным сжатием льда при охлаждении в отличие от керамики, т. к. температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) льда равен 50×10^{-6} °С$^{-1}$, что намного больше, чем ТКЛР керамики ($6…8\times10^{-6}$ °С$^{-1}$). Вследствие уменьшения напряжения растяжения в материале в дальнейшем опять происходит сжатие образцов.

Деформации при оттаивании образцов характеризует кривая 2' (рис. 2). Замерзшие водонасыщенные образцы, начиная с –20 °С до –7…–8 °С, удлинялись, а также стремительность искажения их линейных параметров в конечном итоге тождественна скорости деформации при замораживании на данном участке. Быструю усадку спровоцировало последующее оттаивание. Но экспериментальными экземплярами, вследствие сохранения остаточного удлинения (ΔR) после размораживания, прежние размеры не воспроизведены.

При первом замораживании образцов КЩ полное удлинение (εt) составило 12×10^{-5}, при втором — 19×10^{-5}, при третьем — 28×10^{-5}. Остаточное удлинение (ΔR) после оттаивания составило $0{,}5\times10^{-5}$, $2{,}0\times10^{-5}$ и $6{,}0\times10^{-5}$, соответственно после первого, второго и третьего циклов замораживания.

О градационном (последовательном) разрушении структуры водонасыщенного обожженного материала, изготовленного из чистого глинистого сырья совместно с песком, при каждом последующем цикле замораживания говорит поэтапное увеличение значений дилатометрических пиков и аккумуляция остаточных деформаций.

Анализ деформации водонасыщенных образцов КЩ-5 при первых трех циклах замораживания, характеризуемых кривыми 5, 6 и 7 (рис. 2), позволяет констатировать совпадение хода кривых. Полное удлинение для рассматриваемых кривых равно $7{,}0\times10^{-5}$ при отсутствии остаточного удлинения. Это является косвенной констатацией:

– эффективности пористо-капиллярной конфигурации (с большим количеством резервных пор (таблица 3) испытываемых образцов с добавкой;

– повышенной морозостойкости испытываемых образцов с добавкой.

В таблице 4 сведены показатели дилатометрических экспериментов водонасыщенных обожженных образцов как с добавкой, так и без нее.

Таблица 4

Дилатометрические индикаторы экспериментальных обожженных образцов

Образцы по видам	Низкотемпературные циклы	Дилатометрические диагностирования		Циклы морозостойкости
		ε_t	ΔR	
КЩ без добавки	I	12×10^{-5}	$0{,}5\times10^{-5}$	9
	II	19×10^{-5}	$2{,}0\times10^{-5}$	
	III	28×10^{-5}	$6{,}0\times10^{-5}$	
КЩ-5 с минеральной добавкой	I	7×10^{-5}	0	84
	II	7×10^{-5}	0	
	III	7×10^{-5}	0	

Проведенные дилатометрические испытания показали двукратное уменьшение относительного удлинения водонасыщенных модифицированных образцов при замораживании, а также деконцентрацию у них остаточного удлинения в сравнении с немодифицированными образцами. Это интерпретируется изменением поровой структуры материала — увеличенным количеством резервных пор у модифицированных образцов. Очевидно, что в массиве изделия это определяет:

– низкие значения растягивающих напряжений;

– параметральную консервацию при многократных низкотемпературных циклах архитектоники черепка.

Обсуждение и заключения. Россия — крупнейшее государство в мире, ее территория в конституционных границах с территорией Крыма составляет 17 125 191 км². Вследствие того, что большая часть территории России находится в зоне холода, а среднегодовая температура воздуха составляет 5,5 °С, что является самой низкой среди всех стран мира, Россия является самой холодной страной в мире (рис. 3).



Рис. 3. Климатическое зонирование территории Российской Федерации

Климатический мониторинг нашей страны фиксирует существенный температурный разброс (таблица 5). В этой связи строительному материалу, предназначенному для наружных работ, во избежание потери своих качеств необходимо иметь повышенные эксплуатационные характеристики, а именно обязан быть обеспечен высокой морозостойкостью.

Морозостойкость определяется величиной цикличности замораживания и оттаивания, выдерживаемой материалом. Низкая морозостойкость строительного материала приведет к утрате его целостности, а в дальнейшем — к неотвратимым разрушительным последствиям.

Таблица 5

Результаты климатических годовых показателей Российской Федерации

Показатели	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
t_{max}, °C	22,2	23,8	30,3	34,0	37,7	43,2	45,4	43,5	41,5	33,7	29,1	25,0
t_{min}, °C	–71,2	–64,4	–60,6	–46,4	–28,9	–9,7	–9,3	–17,1	–25,3	–47,6	–58,5	–62,8

Учитывая вышеизложенное, опираясь на базис выполненных экспериментов, можно прийти к следующим выводам:

– введение карбонатсодержащей минеральной добавки позволяет интенсифицировать морозостойкость керамического черепка пластического формования за счет формирования более приемлемой пористой структуры;

– выполненные дилатометрические диагностирования демонстрировали уменьшения показателей процентного удлинения при низкотемпературных циклах, деконцентрацию остаточного удлинения после оттаивания водонасыщенных модифицированных экземпляров, что можно объяснить большим содержанием в модифицированных образцах резервных пор;

– использование данного способа на производственных линиях по изготовлению керамического кирпича позволит выпускать изделия повышенной морозостойкости;

– повышение данным способом эксплуатационных характеристик керамического кирпича будет способствовать увеличению срока службы строительных конструкций, возведенных из данного материала

Список литературы

1. Шимко В.Т. *Архитектурно-дизайнерское проектирование. Основы теории*. Москва: Архитектура-С; 2006. 296 с.

2. Fabula S., Drummond L.B.W., Young D. (eds.). Socialist and Post-socialist Urbanisms: Critical Reflections from a Global Perspective. *Hungarian Geographical Bulletin.* 2020;69(3):325–327. https://doi.org/10.15201/hungeobull.69.3.8

3. Жеблиенок Н.Н. Градостроительство XXI века будет таким, каким будут градостроители. *Архитектурный Петербург*. 2019;4(59):71–73.

4. Беркман А.С., Мельникова И.Г. *Структура и морозостойкость строительных материалов*. Москва: Госстройиздат; 1962. 166 с.

5. Naumov A., Mal'tseva I., Kurilova S. Increase in frost resistance of a ceramic brick from clay raw materials of the Atyukhtinsky field. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018;365(3)032003. https://doi.org/10.1088/1757-899X/365/3/032003

6. Наумов А.А., Юндин А.Н. Увеличение морозостойкости кирпича полусухого прессования минеральной модифицирующей добавкой. *Известия вузов. Строительство*. 2011;8–9:27–31.

7. Наумов А.А., Юндин А.Н. Дилатометрические характеристики при замораживании водонасыщенного модифицированного керамического черепка. *Известия КГАСУ*. 2012;4(22):319–325.

8. Дымченко М.Е. Форма и материал в архитектуре: противоречия модерна. *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2018;8(2(25)):194–205. https://dx.doi.org/10.21285/2227-2917-2018-2-194-205

References

1. Shimko VT. *Arkhitekturno-dizainerskoe proektirovanie. Osnovy teorii*. Moscow: Arkhitektura-S Publ., 2006. 296 p. (In Russ.).

2. Fabula S, Drummond LBW, Young D (eds.). Socialist and Post-socialist Urbanisms: Critical Reflections from a Global Perspective. *Hungarian Geographical Bulletin.* 2020;69(3):325–327. https://doi.org/10.15201/hungeobull.69.3.8

3. Zheblienok NN. Gradostroitel'stvo XXI veka budet takim, kakim budut gradostroiteli. *Arkhitekturnyi Peterburg*. 2019;4(59):71–73. (In Russ.).

4. Berkman AS, Mel'nikova IG. *Struktura i morozostoikost' stroitel'nykh materialov*. Moscow: Gosstroiizdat Publ.; 1962. 166 p. (In Russ.).

5. Naumov A, Mal'tseva I, Kurilova S. Increase in frost resistance of a ceramic brick from clay raw materials of the Atyukhtinsky field. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018;365(3)032003. https://doi.org/10.1088/1757-899X/365/3/032003

6. Naumov AA, Yundin AN. Uvelichenie morozostoikosti kirpicha polusukhogo pressovaniya mineral'noi modifitsiruyushchei dobavkoi. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo – News of higher educational institutions. Construction*. 2011;8–9:27–31. (In Russ.).

7. Naumov AA, Yundin AN. Dilatometricheskie kharakteristiki pri zamorazhivanii vodonasyshchennogo modifitsirovannogo keramicheskogo cherepka [Dilatometric Characteristics at Freezing of Water-Saturated Modified Ceramic Crock]. *Izvestiya KGASU – News of KSUAE*. 2012;4(22):319–325. (In Russ.).

8. Dymchenko ME. Forma i material v arkhitekture: protivorechiya moderna [Form and Material in Architecture: the Contradictions of Modernity]. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' – News of higher educational institutions. Investment. Construction. Real Estate.* 2018;8(2(25)):194–205. https://dx.doi.org/10.21285/2227-2917-2018-2-194-205 (In Russ.).

Об авторах:

Наумов Алексей Александрович, доцент кафедры «Строительные материалы» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162), кандидат технических наук, доцент, ORCID, alexej_naumov@list.ru

Дымченко Марина Евгеньевна, доцент кафедры «Строительные материалы» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162), кандидат философских наук, kapitel1073@yandex.ru

Заявленный вклад соавторов:

А.А. Наумов — формирование основной концепции, цели и задачи исследования, проведение расчетов, формирование выводов; М.Е. Дымченко — анализ результатов исследований, подготовка и доработка текста, формирование и корректировка выводов.

Поступила в редакцию 20.02.2023.
Поступила после рецензирования 13.03.2023.
Принята к публикации 15.03.2023.

Конфликт интересов
Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:
Aleksey A Naumov, associate professor of the Building Materials Department, Don State Technical University (162, Socialisticheskaya St., Rostov-on-Don, 344003, RF), Cand. Sc. (Engineering), associate professor, ORCID, alexej_naumov@list.ru

Marina E Dymchenko, associate professor of the Building Materials Department, Don State Technical University (162, Socialisticheskaya St., Rostov-on-Don, 344003, RF), Cand. Sc. (Philosophy), kapitel1073@yandex.ru

Claimed contributorship:
AA Naumov — formulating the main concept, aims and objectives of the study, making calculations, formulating conclusions; ME Dymchenko — research results' analysis, preparation and revision of the text, formulating and adjustment of the conclusions.

Received 20.02.2023.
Revised 13.03.2023.
Accepted 15.03.2023.

Conflict of interest statement
The authors do not have any conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.